

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2341 – Strojírenství

Studijní obor: 2302R022 – Stroje a zařízení

Zaměření: Dopravní stroje a zařízení

Zařízení pro vzorkování výfukových plynů

Device for sampling exhaust gasses

Bakalářská práce

KVM – BP – 218

Autor:	Filip Frýda
Vedoucí diplomové práce:	doc. Ing. Lubomír Moc, CSc. – KVM
Konzultant diplomové práce:	MSc. Michal Vojtíšek – KVM
Počet stran:	36
Počet obrázků:	19
Počet tabulek:	9

V Liberci 5.ledna 2011

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 5.ledna 2011

Podpis:

Zařízení pro vzorkování výfukových plynů

ANOTACE:

Cílem bakalářské práce bylo navržení vhodného zařízení pro proporcionální vzorkování výfukových plynů vznětových motorů. Proto byla provedena rešerše používaných metod a nastudování platných legislativních požadavků pro měření emisí. Ze získaných údajů a informací bylo poté navrženo zařízení, které by umožňovalo odběr plynných složek a částic emisí vznětových motorů.

Klíčová slova: měření, minitunel, vzorkování, proporcionální

Device for sampling exhaust gasses

ANNOTATION:

The aim of work was to propose a suitable device for proportional sampling exhaust gasses of diesel engines. For that purpose the research of used methods was effected. And futhermore, there were studied valid legislative requirements concerning exhaust emissions measuring. Based on acquired data and informations, the device was designed that should allow to sample gaseous parts and elements from diesel engines.

Keywords: measuring emissions, minitunnel, sampling, proportional

Obsah

Seznam symbolů, zkratk a termínů.....	6
Úvod	8
1. Rešerše používaných metod	9
1.1 Úvod.....	9
1.2 Systémy s ředěním části toku	9
1.2.1 Izokinetické systémy	10
1.2.2 Systémy s řízením průtoku a s měřením koncentrace	12
1.2.3 Systémy s řízením průtoku a s měřením průtoku	15
1.3 Systém s ředěním plného toku.....	17
1.4 Systém pro odběr vzorku částic	18
2. Návrh a zpracování řešení zvolené varianty	20
2.1 Požadavky na jednotlivé části dle legislativních předpisů	21
2.2 Jednotlivé konstrukční celky	26
2.2.1 Systém regulace tlaku v ředícím tunelu	26
2.2.2 Systém zajišťující konstantní průtok.....	28
2.2.3 Systém odběru vzorku výfukových plynů.....	29
2.2.4 Řídicí systém tunelu	29
2.2.5 Systém pro odběr vzorku částic	30
2.3 Celkové schéma zvoleného zařízení	30
2.4 Odhad nákladů.....	31
2.5 Výběr součástí	31
2.5.1 Diferenční tlakové spínače	31
2.5.2 Krokové motory + řídicí moduly	32
2.5.3 Odstředivé dmychadlo	32
3. Metodika a postup měření	33
3.1 Postup zkoušky ETC	33
Závěr	35
Seznam použité literatury	36

Seznam symbolů, zkratk a termínů

Značky zkušebních parametrů

Značka	Jednotka	Význam
r	-	dělicí poměr
A_{ISP}	m^2	plocha průřezu izokinetické odběrné sondy
A_{EP}	m^2	plocha průřezu výfukové trubky
G_{FUEL}	kg/h	hmotnostní průtok paliva
G_{EXHW}	kg/h	hmotnostní průtok vlhkého výfukového plynu
G_{AIRW}	kg/h	hmotnostní průtok vlhkého nasávaného vzduchu

Značky chemických složek

Značka	Význam
CO_2	oxid uhličitý
NO_x	oxidy dusíku

Zkratky

ETC	zkušební cyklus (nestacionární)
ESC	zkušební cyklus (ustálený)
CFV	venturiho clona s kritickým průtokem
PDP	objemové dávkovací čerpadlo
SSV	podzvuková venturiho trubice
CVS	systém s konstantním průtokem
EP	výfuková trubka
SP	odběrná sonda
ISP	izokinetická odběrná sonda
FD1, FD2, FD3	dělič toku
EGA	analyzátor výfukových plynů

TT	přenosová trubka
DPT	diferenciální snímač tlaku
FC1, FC2, FC3	regulátor průtoku
PCV1, PCV2	ventil k řízení tlaku
DC	tlumící komora
VN	venturiho clona
FM1, FM2, FM3, FM4	průtokoměr
PB	tlakový ventilátor
SB	sací ventilátor
DAF	filtr ředícího vzduchu
DT	ředící tunel
HE	výměník tepla
EPC	elektronická kompenzace průtoku
PSP	odběrná sonda vzorku částic
PTT	přenosová trubka částic
SDT	sekundární ředící tunel
FH	nosič filtru
P	odběrné čerpadlo
DP	čerpadlo ředícího vzduchu
BV	kulový ventil

Úvod

V současné době většina dopravních prostředků využívá pro pohon spalovací motory, které jsou jednou z příčin znečišťování a poškozování životního prostředí. S nárustem počtu obyvatel, požadavků na přepravu materiálu a technologických možností, se zvyšuje počet dopravních prostředků. S tím souvisí i nárůst množství škodlivých látek, které jsou spalovacími motory produkovány. Při spalovacím procesu unikají do ovzduší látky, jež mohou působit škodlivě na zdraví člověka a na životní prostředí. Jedná se o složky plynné, vznikající nedokonalým spalováním (oxid uhelnatý, nespálené uhlovodíky, oxidy dusíku), nebo částice kapalné či tuhé, které vznikají při spalovacím procesu (saze, karbon, popel, oxidy síry, sírany kovů). Produktem spalovacího procesu je i oxid uhličitý, který vzniká při dokonalé oxidaci uhlíku z uhlovodíkových paliv. Ten si působí na zdraví člověka nepřímo, ale jeho vzrůstající množství napomáhá k tzv. skleníkovému efektu a tím k narušování tepelné rovnováhy na Zemi.

Z těchto důvodů se zvyšují požadavky na výrobce spalovacích motorů a na limity emisí sledovaných škodlivin. Evropská komise proto vydává evropské emisní standardy, které stanovují limity pro složení výfukových plynů všech automobilů vyráběných v členských státech Evropské unie. Tím pádem musí být zvyšovány požadavky i na postupy měření škodlivých látek ze spalovacích motorů.

K dokončení procesu tvorby částic dochází až při mísení výfukových plynů se vzduchem. S ohledem na tuto skutečnost je používána metoda měření částic pomocí ředících tunelů, kde principem této zkoušky je odběr nezředěných výfukových plynů, následné turbulentní zředění vzduchem a prosávání přes filtry, ze kterých je vyhodnoceno množství vyprodukovaných částic během testu. Tento způsob je možné použít i pro tzv. transient test, tedy test s nestacionárním průběhem zkoušky, při kterém dochází ke zkušebním cyklům s rychle proměnnými režimy, kdy je možné simulovat provoz motoru v určitých jízdních cyklech. Takový způsob se nejvíce podobá provozu motoru při běžných podmínkách používání.

Cílem této práce je navrhnout zařízení pro proporcionální vzorkování částic a plynných složek emisí vznětových motorů v souladu s legislativními předpisy. Za tímto účelem je v teoretické části nejdříve proveden průzkum používaných metod, z nichž je vybrána varianta, která vyhovuje požadavkům zadané práce.

Na základě získaných poznatků je v praktické části navrženo kompaktní zařízení pro vzorkování emisí. Následující část obsahuje přehled potřebných komponent pro vybranou variantu řešení. Rovněž je obsahem této části ekonomický rozbor vybrané a navržené varianty včetně případných dodavatelů. Závěrečná část se již zaměřuje na samotné měření s tímto zařízením a popisuje metodiku měření.

1. Rešerše používaných metod

K rešerši používaných metod byla použita směrnice evropského parlamentu a rady 97/68/ES ze dne 16. prosince 1997 o sbližování právních předpisů členských států týkajících se opatření proti emisím plyných znečišťujících látek a znečišťujících částic ze spalovacích motorů určených pro nesilniční pojízdné stroje [1] a směrnice evropského parlamentu a rady 2004/26/ES ze dne 21. dubna 2004, kterou se mění směrnice 97/68/ES [2]. A dále předpis č. 49 Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů – Emise vznětových motorů a zážehových motorů (poháněných zemním plynem a zkapalněným ropným plynem). [3]

1.1 Úvod

Odstavce 1.2, 1.3 a 1.4 a obrázky 1 až 12 obsahují podrobný popis doporučených systémů ředění a odběru vzorků. Protože různá uspořádání mohou poskytovat rovnocenné výsledky, nepožaduje se přesné dodržení zobrazených schémat. K získávání dalších informací a ke koordinaci funkcí částí systému se mohou použít doplňkové části, jako jsou přístroje, ventily, solenoidy, čerpadla a spínače. Jiné části, které nejsou potřebné k udržování přesnosti některých systémů, mohou být vyloučeny, jestliže je jejich vyloučení založeno na osvědčeném odborném úsudku. [2]

1.2 Systémy s ředěním části toku

Na obrázcích 1 až 9 je popsán systém založený na ředění části toku výfukových plynů. Rozdělení proudu výfukových plynů a následný postup ředění se může provést různými druhy systémů ředění. K následnému odběru částic prochází systémem pro odběr vzorku částic buď veškeré zředěné výfukové plyny nebo jen část zředěných výfukových plynů (1.4, obr. 11). První postup se označuje jako odběr celkového vzorku, druhý postup jako odběr dílčího vzorku. Výpočet ředicího poměru závisí na druhu použitého systému. Doporučeny jsou tyto druhy: [1]

1.2.1 Izokinetické systémy

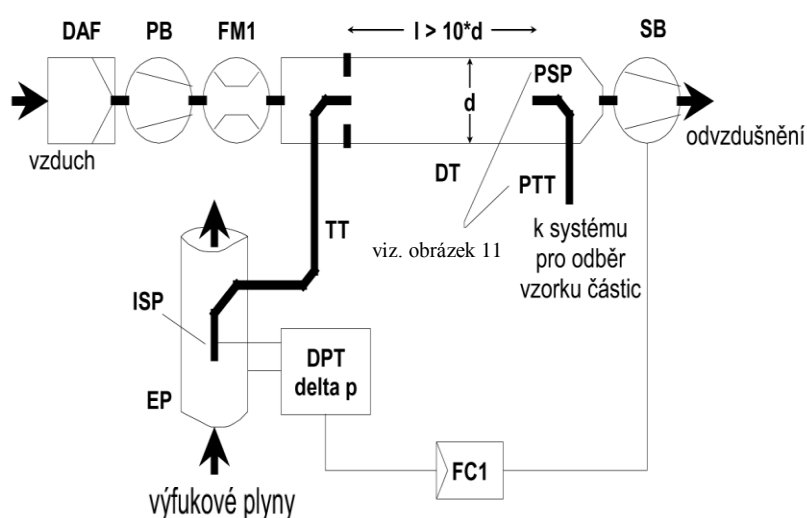
U těchto systémů je tok vedený do přenosové trubky přizpůsoben celkovému toku výfukových plynů z hlediska rychlosti plynu a/nebo tlaku a v důsledku toho je na odběrné sondě požadován nerušený a rovnoměrný tok výfukových plynů. Toho se obvykle dosáhne rezonátorem a přímou přívodní trubicí umístěnou před bodem odběru vzorku. Dělicí poměr se pak vypočte ze snadno měřitelných hodnot, jako jsou průměry trubek. Je třeba poznamenat, že izokinetika se používá jen k vyrovnání podmínek toku a ne k vyrovnání rozdělení podle velikostí. Toto vyrovnání není zpravidla nutné, protože částice jsou dostatečně malé, aby sledovaly proudnice výfukových plynů.

$$r = \frac{A_{ISP}}{A_{EP}}, \quad (1)$$

kde

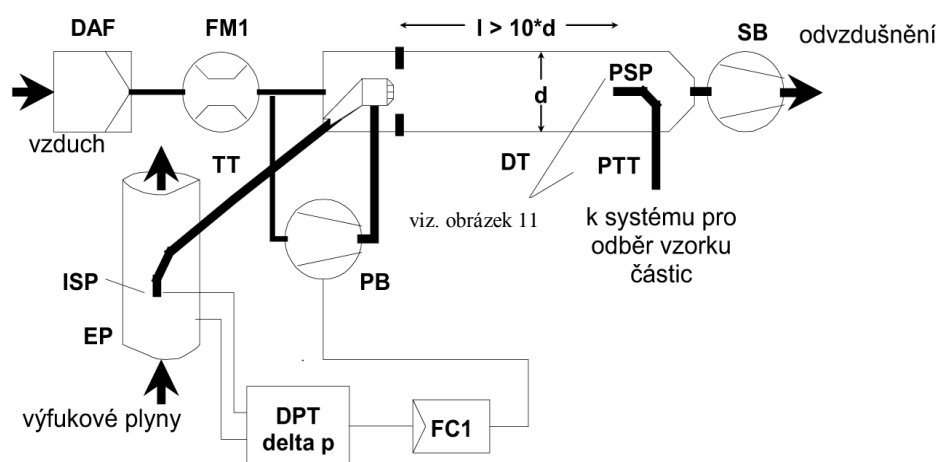
r	dělicí poměr
A_{ISP}	průřez odběrové sondy;
A_{EP}	průřez výfukového potrubí v místě odběrové sondy

Za postačující podmínku zajištění rovnosti průtočných rychlostí se obvykle považuje ustavení rovnováhy mezi statickými tlaky na vstupu do odběrové sondy a v okolním průřezu výfukového potrubí. Za tímto účelem je nutno řídit tlak v ředícím tunelu v závislosti na údajích diferenčního tlakového snímače. Celkový průtok zředěných výfukových plynů musí přitom zůstat během celého měření neměnný. [4]



Obr. 1: Systém s ředěním části toku s izokinetickou sondou a s odběrem dílčího vzorku (řízení SB)

Surové výfukové plyny se převádí z výfukové trubky EP izokinetickou odběrnou sondou ISP a přenosovou trubicou TT do ředicího tunelu DT. Rozdíl tlaku výfukových plynů mezi výfukovou trubicou a vstupem do sondy se měří snímačem tlaku DPT. Tento signál se převádí na regulátor průtoku FC1, který řídí sací ventilátor SB tak, aby se na vstupu sondy udržoval nulový tlakový rozdíl. Za těchto podmínek jsou rychlosti výfukových plynů v EP a ISP identické a průtok zařízeními ISP a TT je konstantním podílem průtoku výfukových plynů. Dělicí poměr se určí z příčných průřezů EP a ISP. Průtok ředicího vzduchu se měří průtokoměrem FM1. Ředicí poměr se vypočte z průtoku ředicího vzduchu a z dělicího poměru.

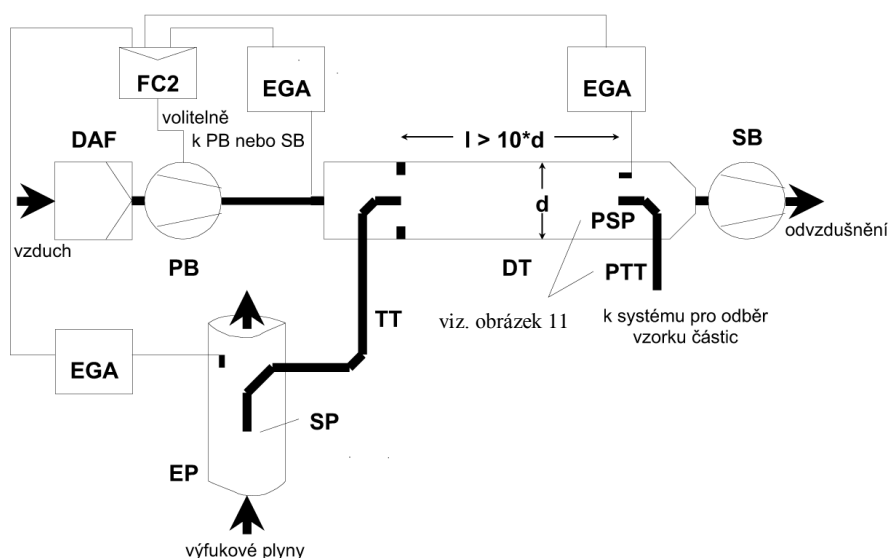


Obr. 2: Systém s ředěním části toku s izokinetickou sondou a s odběrem dílčího vzorku (řízení PB)

Surové výfukové plyny se převádí z výfukové trubky EP izokinetickou odběrnou sondou ISP a přenosovou trubicou TT do ředicího tunelu DT. Rozdíl tlaku výfukových plynů mezi výfukovou trubicou a vstupem do sondy se měří snímačem tlaku DPT. Tento signál se převádí na regulátor průtoku FC1, kterým je řízen tlakový ventilátor PB tak, aby se na vstupu sondy udržoval nulový tlakový rozdíl. Toho se dosáhne tím, že se odebírá malá část ředicího vzduchu, jehož průtok byl právě změřen průtokoměrem FM1, a tato část se zavede do TT pneumatickou clonou. Za těchto podmínek jsou rychlosti výfukových plynů v EP a ISP identické a průtok zařízeními ISP a TT je konstantním podílem průtoku výfukových plynů. Dělicí poměr se určí z příčných průřezů EP a ISP. Ředicí vzduch je nasáván ředicím tunelem DT pomocí sacího ventilátoru SB a průtok se měří průtokoměrem FM1, který je na vstupu do DT. Ředicí poměr se vypočte z průtoku ředicího vzduchu a z dělicího poměru.

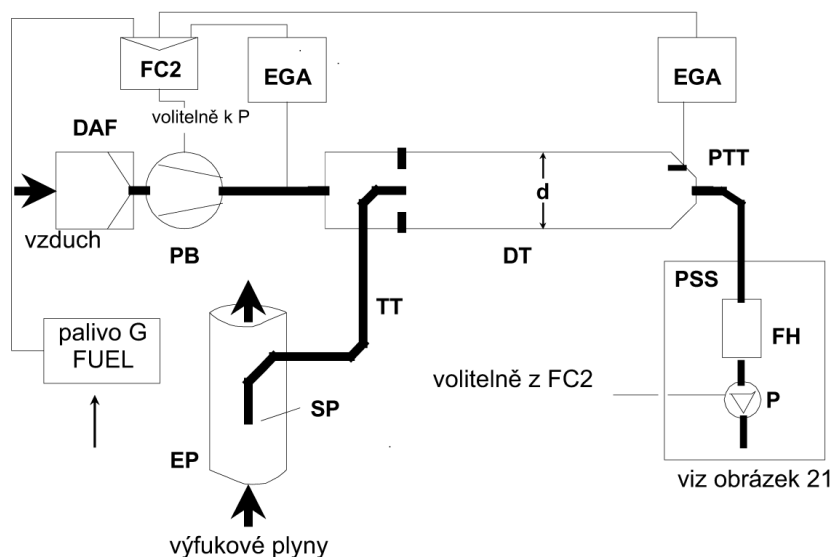
1.2.2 Systémy s řízením průtoku a s měřením koncentrace

U těchto systémů se vzorek odebírá z celkového toku výfukových plynů seřízením průtoku ředicího vzduchu a průtoku celkového toku zředěných výfukových plynů. Ředicí poměr se určí z koncentrací sledovacích plynů, jako jsou CO_2 nebo NO_x , které jsou běžně obsaženy ve výfukových plynech motoru. Měří se koncentrace zředěných výfukových plynů a ředicího vzduchu, zatímco koncentrace surových výfukových plynů se může měřit buď přímo, nebo se může určit z průtoku paliva a z rovnice bilance uhlíku, jestliže je známo složení paliva. Systémy mohou být řízeny na základě vypočteného ředicího poměru (obr. 3, obr. 4) nebo průtokem do přenosové trubky (obr. 5, obr. 6, obr. 7).



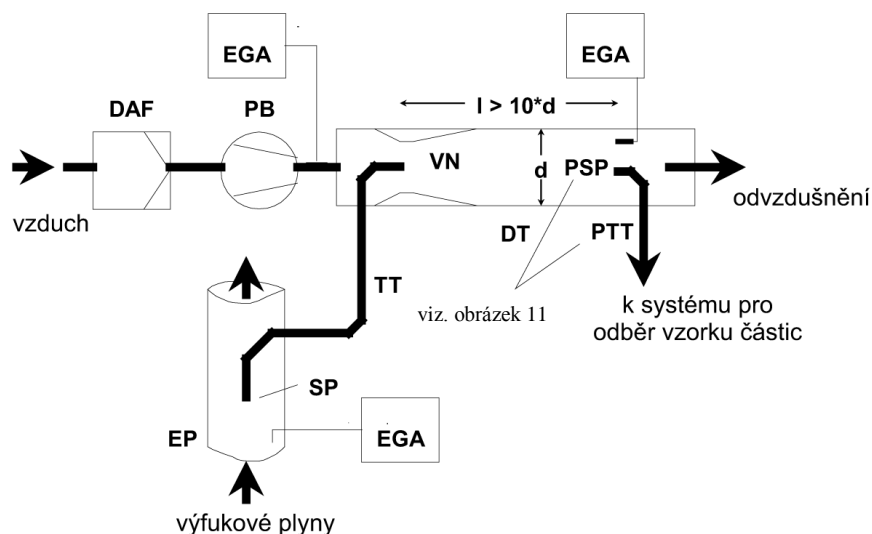
Obr. 3: Systém s ředěním části toku s měřením koncentrace CO_2 nebo NO_x a s odběrem dílčího vzorku

Surové výfukové plyny se převádí z výfukové trubky EP odběrnou sondou SP a přenosovou trubicí TT do ředicího tunelu DT. Koncentrace sledovacího plynu (CO_2 nebo NO_x) se měří v surových i zředěných výfukových plynech a v ředicím vzduchu analyzátořem/analyzátoři EGA. Tyto signály se přenášejí do regulátoru průtoku FC2, který řídí buď tlakový ventilátor PB, nebo sací ventilátor SB tak, aby se v tunelu DT udržovaly požadované dělení toku výfukového plynu a ředicí poměr. Ředicí poměr se vypočte z koncentrací sledovacího plynu v surových výfukových plynech, ve zředěných výfukových plynech a v ředicím vzduchu.



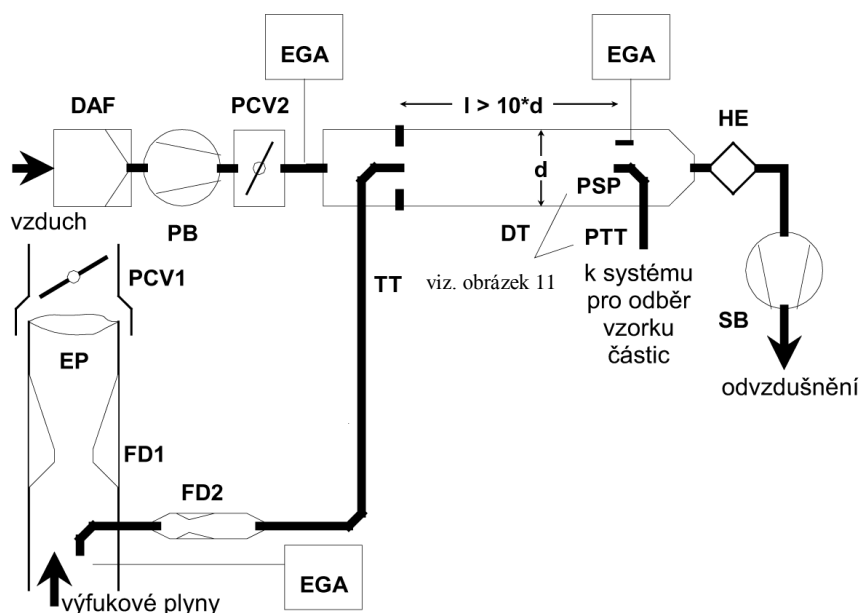
Obr. 4: Systém s ředěním části toku s měřením koncentrace CO_2 , s bilancí uhlíku a s odběrem celkového vzorku

Surové výfukové plyny se převádí z výfukové trubky EP odběrnou sondou SP a přenosovou trubicí TT do ředicího tunelu DT. Koncentrace CO_2 se měří ve zředěných výfukových plynech a v ředícím vzduchu analyzátozem/ analyzátory EGA. Signály CO_2 a průtoku paliva G_{FUEL} se přenášejí buď do regulátoru průtoku FC2, nebo do regulátoru průtoku FC3 systému k odběru vzorku částic (obr. 11). FC2 řídí tlakový ventilátor PB, FC3 řídí odběrné čerpadlo P (obr. 11), a tím seřizují toky do systému a z něj tak, aby se v tunelu DT udržovaly požadované dělení toku výfukových plynů a ředicí poměr. Ředicí poměr se vypočte z koncentrací CO_2 a z G_{FUEL} s použitím postupu bilance uhlíku.



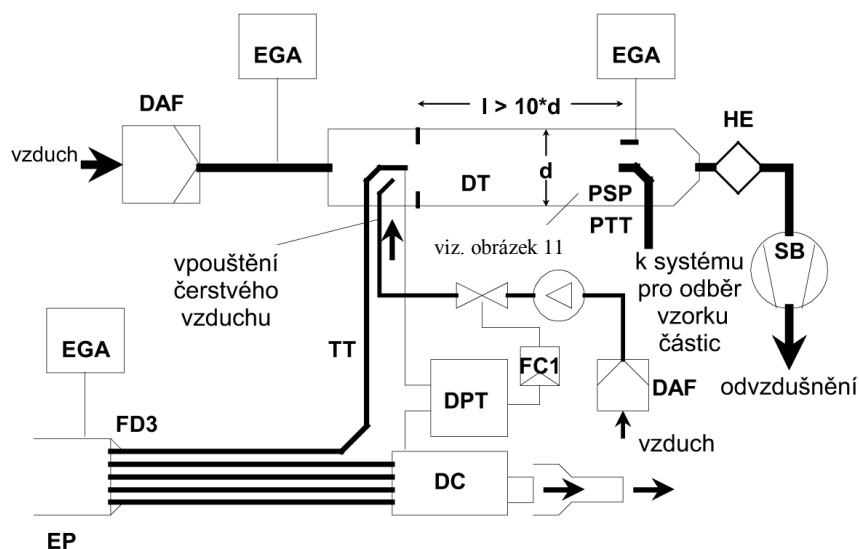
Obr. 5: Systém s ředěním části toku s jednoduchou Venturiho clonou, s měřením koncentrace a s odběrem dílčího

Surové výfukové plyny se převádí z výfukové trubky EP odběrnou sondou SP a přenosovou trubicou TT do ředícího tunelu DT působením podtlaku tvořeného Venturiho clonou VN v DT. Průtok plynu TT závisí na změně hybnosti v oblasti Venturiho clony a je tak ovlivňován absolutní teplotou plynu ve výstupu z TT. V důsledku toho není dělení toku výfukových plynů pro daný průtok tunelem konstantní a ředicí poměr je při malém zatížení poněkud menší než při velkém zatížení. Koncentrace sledovacího plynu (CO_2 nebo NO_x) se měří v surových výfukových plynech, ve zředěných výfukových plynech a v ředícím vzduchu analyzátelem/analyzátory EGA a ředicí poměr se vypočte z hodnot takto změřených.



Obr. 6: Systém s ředěním části toku s dvojitou Venturiho clonou nebo s dvojitou Venturiho trubicí, s měřením koncentrace a odběrem dílčího vzorku

Surové výfukové plyny se převádí z výfukové trubky EP odběrnou sondou SP a přenosovou trubicou TT do ředícího tunelu DT děličem toku, který obsahuje sadu Venturiho trubic nebo clon. První z nich (FD1) je umístěna v EP, druhá (FD2) v TT. Dále jsou nutné dva řídicí ventily tlaku (PCV1 a PCV2) k udržování stálého dělicího poměru řízením protitlaku v EP a tlaku v DT. PCV1 je umístěna v EP za SP ve směru toku plynů, PCV2 je umístěna mezi tlakovým ventilátorem PB a DT. Koncentrace sledovacího plynu (CO_2 nebo NO_x) se měří v surových výfukových plynech, ve zředěných výfukových plynech a v ředícím vzduchu analyzátelem/analyzátory výfukového plynu EGA. Koncentrace jsou potřebné k ověření dělicího poměru toku výfukových plynů a mohou se použít k seřízení PCV1 a PCV2 k přesnému řízení dělicího poměru. Ředicí poměr se vypočte z koncentrací sledovacího plynu.

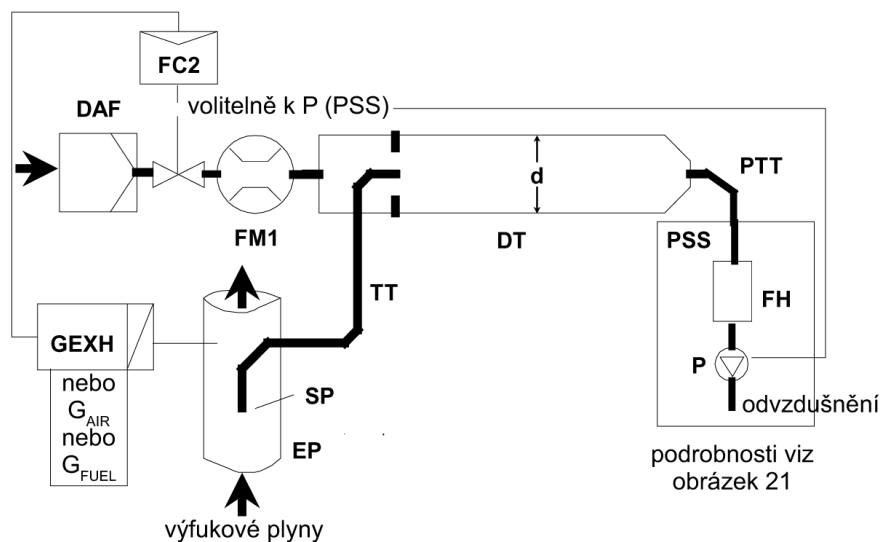


Obr. 7: Systém s ředěním části toku s rozdělením do více trubek, s měřením koncentrace a s odběrem dílčího vzorku

Surové výfukové plyny se převádí z výfukové trubky EP přenosovou trubicí TT do ředicího tunelu DT, a to cestou děliče toku FD3, který se skládá z většího počtu trubek týchž rozměrů (stejný průměr, délka a poloměr zakřivení) namontovaných v EP. Jednou z těchto trubek se vedou výfukové plyny do DT a ostatními trubicemi se výfukové plyny vedou tlumicí komorou DC. Dělicí poměr je tedy určen celkovým počtem trubek. Řízení konstantního rozdělení vyžaduje nulový rozdíl tlaku mezi tlakem v DC a na výstupu z TT, který se měří diferenciálním tlakovým snímačem DPT. Nulový rozdíl tlaku se dosahuje vpouštěním čerstvého vzduchu do DT u výstupu z TT. Koncentrace sledovacího plynu (CO_2 nebo NO_x) se měří v surových výfukových plynech, ve zředěných výfukových plynech a v ředicím vzduchu analyzátozem/analyzátozem výfukových plynů EGA. Koncentrace jsou potřebné k ověření dělicího poměru toku výfukových plynů a mohou se použít k řízení průtoku vpouštěného vzduchu k přesnému řízení dělicího poměru. Ředicí poměr se vypočte z koncentrací sledovacího plynu.

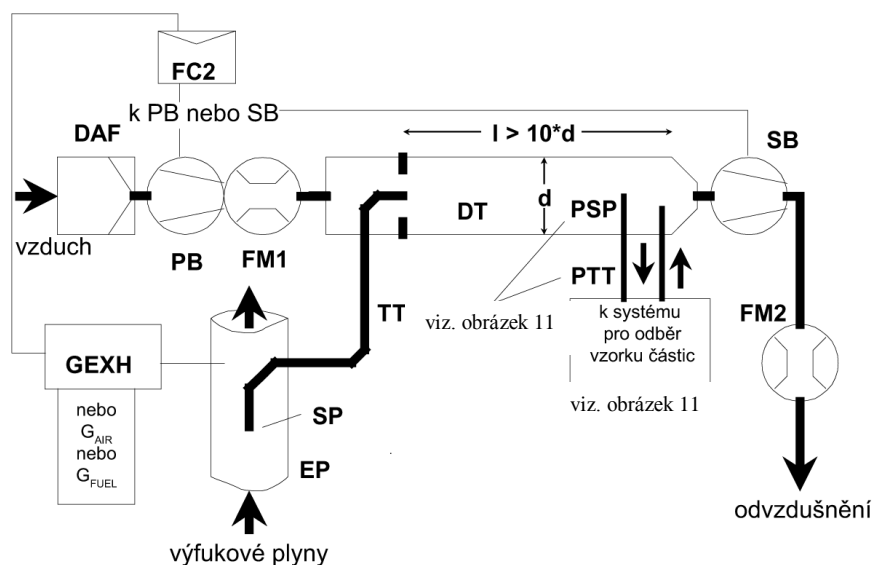
1.2.3 Systémy s řízením průtoku a s měřením průtoku

U těchto systémů je vzorek odebírán z celkového toku výfukových plynů nastavením průtoku ředicího vzduchu a průtoku celkového toku zředěných výfukových plynů. Ředicí poměr se určí z rozdílu těchto dvou průtoků. Požaduje se přesná vzájemná kalibrace průtokoměrů, protože relativní velikost obou průtoků může vést při větších ředicích poměrech (15 a větších) k významným chybám. Průtok je řízen velmi přímým způsobem tak, že se průtok zředěných výfukových plynů udržuje konstantní, a jestliže je třeba, mění se průtok ředicího vzduchu. [1]



Obr. 8: Systém s ředěním části toku, s řízením průtoku a s odběrem celkového vzorku

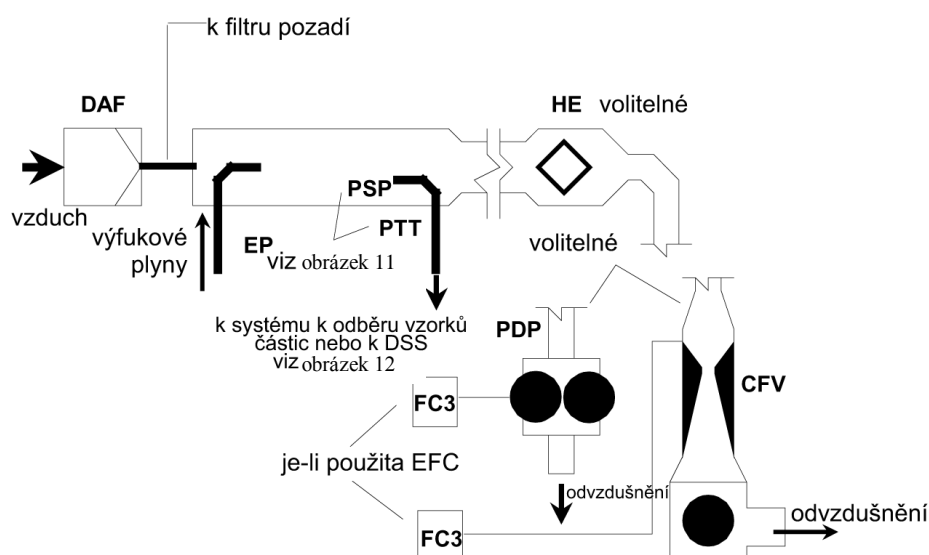
Surové výfukové plyny se převádí z výfukové trubky EP odběrnou sondou SP a přenosovou trubicou TT do ředícího tunelu DT. Celkový průtok tunelem se nastavuje regulátorem průtoku FC3 a odběrným čerpadlem P systému pro odběr vzorku částic (obr. 8). Průtok ředícího vzduchu se řídí regulátorem průtoku FC2, který může používat G_{EXHW} , G_{AIRW} nebo G_{FUEL} jako řídicí signály pro požadovaný dělicí poměr výfukových plynů. Průtok vzorku do DT je rozdílem celkového průtoku a průtoku ředícího vzduchu. Průtok ředícího vzduchu se měří průtokoměrem FM1, celkový průtok průtokoměrem FM3 systému pro odběr vzorku částic (obr. 11). Ředicí poměr se vypočte z těchto dvou průtoků.



Obr. 9: Systém s ředěním části toku s řízením průtoku a s odběrem dílčího vzorku

1.3 Systém s ředěním plného toku

K následnému odběru částic prochází vzorek zředěných výfukových plynů do systému pro odběr vzorku částic (odstavec 1.4, obr. 11 a 12). Jestliže se tak děje přímo, označuje se toto jako jednoduché ředění. Jestliže se vzorek ředí ještě jednou v sekundárním ředicím tunelu, označuje se toto jako dvojité ředění. Tento postup je užitečný, jestliže jednoduchým ředěním nemůže být dodržena požadovaná teplota na vstupu filtru. Ačkoli je systém s dvojitým ředěním zčásti ředicím systémem, je popsán v odstavci 1.4 na obrázku 12 jako modifikace systému pro odběr vzorku částic, protože má většinu částí shodnou s typickým systémem pro odběr vzorku částic.[1]



Obr. 10: Systém z ředěním plného toku k filtru pozadí

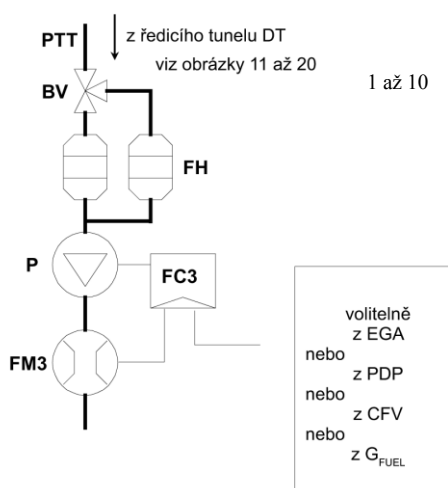
Celkové množství surových výfukových plynů se smísí v ředicím tunelu DT s ředicím vzduchem. Průtok zředěných výfukových plynů se měří buď objemovým dávkovacím čerpadlem PDP nebo Venturiho clonou s kritickým průtokem CFV. Výměník tepla HE nebo elektronická kompenzace průtoku EFC se mohou použít k úměrnému odběru vzorku částic a k určení průtoku. Protože se určení hmotnosti částic zakládá na průtoku celkového toku zředěných výfukových plynů, nepožaduje se výpočet ředícího poměru.

1.4 Systém pro odběr vzorku částic

Ke sběru částic na filtru částic se vyžaduje systém pro odběr vzorku částic. U systému s ředěním části toku a s odběrem celkového vzorku, při kterém prochází celý vzorek zředěných výfukových plynů filtry, tvoří obvykle ředicí systém (odstavec 1.2, obr. 4, obr. 8) a odběrný systém integrální celek. U systému s ředěním části toku a s odběrem dílčího vzorku nebo systému s ředěním plného toku, při kterém prochází filtry jen část zředěných výfukových plynů, tvoří obvykle ředicí systém (odstavec 1.2 obr. 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, odstavec 1.3 obr. 10) a odběrný systém oddělené celky.

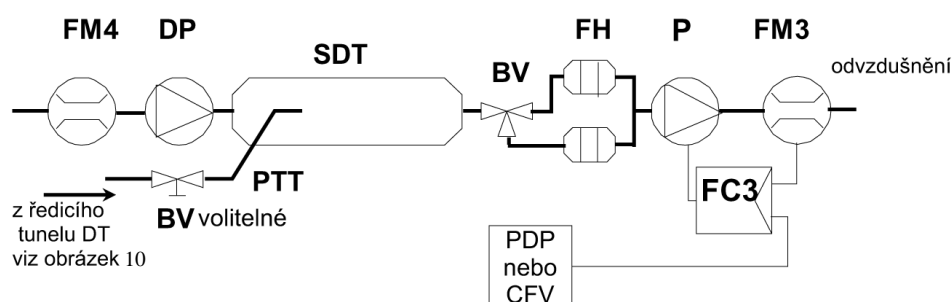
V tomto předpisu se pokládá systém s dvojitým ředěním (obr. 12) u systému s ředěním plného toku za specifickou modifikaci typického systému pro odběr vzorku částic podle obrázku 11. Systém s dvojitým ředěním obsahuje všechny podstatné části systému pro odběr vzorku částic, jako jsou nosiče filtrů a odběrné čerpadlo.

Aby se předešlo jakémukoli ovlivňování regulačního okruhu, doporučuje se, aby odběrné čerpadlo bylo v chodu po celou dobu postupu zkoušky. U postupu používajícího jediný filtr se musí používat systém s obtokem, aby vzorek procházel odběrnými filtry v požadovaných časech. Rušivý vliv přepínacího postupu na regulační okruhy se musí minimalizovat.[1]



Obr. 11: Systém pro odběr vzorku částic

Vzorek zředěných výfukových plynů se odebírá odběrným čerpadlem P z ředicího tunelu DT systému s ředěním dílčího toku nebo systému s ředěním plného toku odběrnou sondou částic PSP a přenosovou trubicou částic PTT. Vzorek prochází nosičem/nosiči filtrů FH, v nichž jsou filtry k odběru vzorku částic. Průtok vzorku je řízen regulátorem průtoku FC3. Jestliže se použije elektronická kompenzace EFC (obr. 10), použije se jako řídicí signál pro FC3 průtok zředěných výfukových plynů.



Obr. 12: Systém s dvojitým ředěním (jen u systémů s plným tokem)

Vzorek zředěných výfukových plynů se vede z ředicího tunelu DT systému s ředěním plného toku odběrnou sondou částic PSP a přenosovou trubicou částic PTT do sekundárního ředicího tunelu SDT, kde se ještě jednou ředí. Vzorek pak prochází nosičem/nosiči filtrů FH, v nichž jsou filtry k odběru vzorku částic. Průtok ředicího vzduchu je obvykle konstantní, kdežto průtok vzorku je řízen regulátorem průtoku FC3. Jestliže se použije elektronická kompenzace EFC (obr. 10), použije se jako řídicí signál pro FC3 celkový průtok zředěných výfukových plynů.

2. Návrh a zpracování řešení zvolené varianty

Po rešerši základních variant používaných zařízení pro vzorkování výfukových plynů, bylo dalším postupem zvolení vhodné varianty.

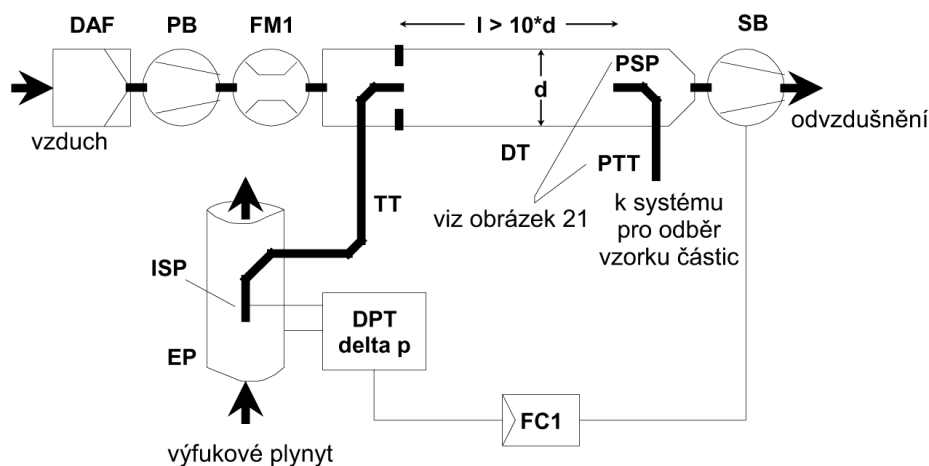
Dle [1] je pro systém s odběrem části toku minimální průměr ředícího tunelu 75 mm u systému s odběrem dílčího vzorku a průměr ředícího tunelu minimálně 25 mm u systému s odběrem celkového vzorku. Systém s ředěním plného toku s jednoduchým ředěním vyžaduje průměr ředícího tunelu nejméně 460 mm a s dvojitým ředěním 210 mm. S ohledem na zadání bakalářské práce, kde je jedním z kritérií kompaktnost celého zařízení, byla vybrána varianta s ředěním části toku výfukových plynů.

Dalším kritériem je jednoduchost celého zařízení. Z tohoto hlediska byl posuzován požadavek na kontrolu ředícího poměru na konstantní hodnotě.

U izokinetického systému se ředící poměr snadno vypočte z měřitelných hodnot, jako jsou průměry trubek. Jak již bylo uvedeno v odstavci 1.1.1. Systémy s řízením průtoku a s měřením koncentrace pro výpočet ředícího poměru využívá naměřených hodnot koncentrací sledovacích plynů jako jsou CO_2 nebo NO_x , které jsou běžně obsaženy ve výfukových plynech. Ředící poměr u systémů s řízením průtoku a s měřením průtoku se určuje z rozdílu průtoků celkového toku výfukových plynů a celkového toku zředěných výfukových plynů. To vyžaduje velice přesnou vzájemnou kalibraci průtokoměrů.

Z těchto poznatků se jako nejjednodušší a nejkompaktnější jeví systém s odběrem části toku výfukových plynů s izokinetickou sondou. Ke vzorkování částic výfukových plynů bude použito odebírání dílčí části toku, kde prochází přes filtry jen část zředěných výfukových plynů. A ředící systém a systém pro odběr vzorku částic tvoří oddělené celky (viz. obr. 1).

2.1 Požadavky na jednotlivé části dle legislativních předpisů



Obr. 13: Systém s řaděním části toku s izokinetickou sondou a s odběrem dílčího vzorku (řízení SB) [1]

Popis jednotlivých částí: [1]

EP – výfuková trubka (obr. 13)

Výfuková trubka musí být izolována. Ke zmenšení tepelné setrvačnosti výfukové trubky se doporučuje, aby poměr tloušťky stěny k průměru trubky byl nejvýše 0,015. Používání ohebných úseků se musí omezit na poměr délky k průměru nejvýše 12. Ohyby se musí co nejvíce omezit, aby se zmenšily úsady vzniklé působením setrvačných sil. Jestliže k systému patří tlumič výfuku zkušebního stavu, musí být i tento tlumič izolován. U izokinetického systému nesmí mít výfuková trubka kolena, ohyby ani náhlé změny průměru, a to od vstupu sondy v délce nejméně 6 průměrů trubky proti směru proudění a 33 průměrů trubky ve směru proudění. Rychlost průtoku plynu v oblasti odběru musí být vyšší než 10 m/s, kromě volnoběžného režimu. Kolísání tlaku výfukových plynů nesmí překračovat v průměru ± 500 Pa. Jakékoliv kroky ke zmenšení kolísání tlaku, které překračují použití výfukového systému vozidla (včetně tlumiče a zařízení k následnému zpracování výfukových plynů), nesmějí měnit výkonové vlastnosti motoru ani způsobovat úsady částic.

U systémů bez izokinetické sondy se doporučuje, aby trubka byla přímá od vstupu sondy v délce nejméně 6 průměrů trubky proti směru proudění a 3 průměrů trubky ve směru proudění.

ISP – izokinetická odběrná sonda (obr. 13)

Izokinetická odběrná sonda vzorku musí být namontována směrem proti proudu plynu v ose výfukové trubky v té části, která splňuje podmínky průtoku v úseku EP, a musí být konstruována tak, aby zabezpečovala úměrný vzorek surových výfukových plynů. Musí mít vnitřní průměr nejméně 12 mm. K izokinetickému rozdělení výfukových plynů udržováním nulového rozdílu tlaku mezi EP a ISP je nutný řídicí systém. Za těchto podmínek jsou rychlosti výfukových plynů v EP a v ISP identické a hmotnostní průtok sondou ISP je pak konstantní částí průtoku výfukového plynu. ISP musí být napojena na diferenciální tlakový snímač DPT. Regulátorem průtoku FC1 se zajišťuje nulový rozdíl tlaku mezi EP a ISP.

TT – přenosová trubka (obr. 13)

Přenosová trubka musí:

- a) být co možná nejkratší a nesmí být delší než 5 m;
- b) mít průměr nejméně takový, jako má sonda, avšak nejvýše 25 mm;
- c) mít výstup v ose ředicího tunelu a ve směru proudu.

Je-li trubka dlouhá 1 m a méně, musí být izolována materiálem s maximální tepelnou vodivostí $0,05 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ s radiální tloušťkou izolace odpovídající průměru sondy. Jestliže je trubka delší než 1 m, musí být izolována a vyhřívána tak, aby teplota stěny byla nejméně 523 K (250 °C).

DPT – diferenciální snímač tlaku (obr. 13)

Diferenciální snímač tlaku musí mít rozsah nejvýše $\pm 500 \text{ Pa}$.

FC1 – regulátor průtoku (obr. 13)

Regulátor průtoku je u izokinetických systémů nutný k udržování nulového rozdílu tlaku mezi EP a ISP. Regulaci lze zajistit:

a) řízením otáček nebo průtoku sacího ventilátoru SB a udržováním otáček nebo průtoku tlakovým ventilátorem PB konstantních v každém režimu, nebo

b) seřízením sacího ventilátoru SB na konstantní hmotnostní průtok zředěných výfukových plynů a řízením průtoku tlakovým ventilátorem PB a tím průtoku vzorku výfukových plynů v oblasti na konci přenosové trubky TT. U systému s řízeným tlakem nesmí zbytková chyba v řídicí smyčce překročit $\pm 3 \text{ Pa}$. Kolísání tlaku v ředicím tunelu nesmí překročit v průměru $\pm 250 \text{ Pa}$.

FM1 – průtokoměr (obr. 13)

Plynoměr nebo jiný přístroj k měření průtoku ředicího vzduchu. FM1 je volitelný, jestliže je tlakový ventilátor PB kalibrován k měření průtoku.

PB – tlakový ventilátor (obr. 13)

K řízení průtoku ředicího vzduchu může být PB připojen k regulátoru průtoku FC1. PB se nepožaduje, jestliže se použije škrticí klapka. PB se může použít k měření průtoku ředicího vzduchu, jestliže je kalibrován.

SB – sací ventilátor (obr. 13)

Pouze pro systémy s odběrem dílčího vzorku. SB se může použít k měření průtoku zředěných výfukových plynů, jestliže je kalibrován.

DAF – filtr ředicího vzduchu (obr. 13)

Na žádost výrobce motoru se odebere podle osvědčené technické praxe vzorek ředicího vzduchu k určení obsahu částic v pozadí, který se pak může odečíst od hodnot změřených ve zředěných výfukových plynech.

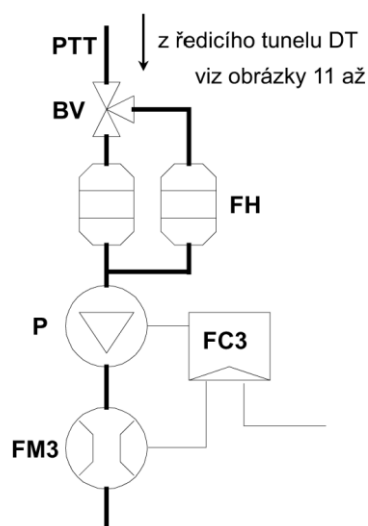
DT – ředicí tunel (obr. 13)

Ředicí tunel:

- a) musí mít dostatečnou délku, aby se výfukové plyny a ředicí vzduch úplně promísily za podmínek turbulentního toku;
- b) musí být vyroben z nerezavějící oceli a mít:
 - i) poměr tloušťky stěny k průměru nejvýše 0,025 u ředicích tunelů s vnitřním průměrem větším než 75 mm; jmenovitou tloušťku stěny nejméně 1,5 mm u ředicích tunelů s vnitřním průměrem nejvýše 75 mm;
 - ii) jmenovitou tloušťku stěny nejméně 1,5 mm u ředicích tunelů s vnitřním průměrem nejvýše 75 mm;
- c) musí mít průměr nejméně 75 mm u systému s odběrem dílčího vzorku;
- d) doporučuje se, aby měl při použití systému odběru celkového vzorku průměr nejméně 25 mm;
- e) může být vyhříván na teplotu stěny nejvýše 325 K (52 °C) přímým ohřevem nebo předehřátím ředicího vzduchu za předpokladu, že teplota vzduchu před vstupem výfukových plynů do ředicího tunelu nepřekročí teplotu 52 °C;
- f) může být izolovaný.

Výfukové plyny motoru musí být důkladně promíseny s ředicím vzduchem. U systémů s odběrem dílčího vzorku se po uvedení do provozu ověří kvalita promísení (alespoň ve čtyřech rovnoměrně rozložených měřicích bodech), k čemuž se využije profil CO₂ tunelu, motor je přitom v chodu. Jestliže je to nutné, mohou se použít mísicí clony.

Poznámka: Jestliže je okolní teplota v blízkosti ředicího tunelu (DT) nižší než 293 K (20 °C), je třeba dbát na to, aby nedocházelo ke ztrátám částic na chladných stěnách ředicího tunelu. Proto se doporučuje vyhřívání a/ nebo izolace tunelu v mezích uvedených výše. Při vysokých zatíženích motoru se může tunel chladit neagresivními prostředky, jako je např. oběhový ventilátor, a to tak dlouho, dokud teplota chladicího média neklesne pod 293 K (20°C).



Obr. 14: Systém pro odběr vzorku částic [4]

PTT – přenosová trubka částic (obr. 14)

Přenosová trubka částic musí být co nejkratší a její délka nesmí překračovat 1020 mm. Jak je popsáno níže, do délky se v určitých případech (tj. u systémů s ředěním dílčího toku a s odběrem dílčího vzorku a u systémů s ředěním plného toku) musí započítat délka odběrných sond (SP, ISP)

Tyto rozměry platí pro:

- systém s ředěním části toku a s odběrem dílčího vzorku a pro systém plného toku s jednoduchým ředěním od vstupu sondy (SP, ISP, PSP) k nosiči filtru;
- systém s ředěním části toku a s odběrem celkového vzorku od konce ředicího tunelu k nosiči filtru

Přenosová trubka:

a) může být vyhřívána na teplotu stěny nejvýše 325K (52 °C) přímým ohřevem nebo předehřátím ředicího vzduchu za předpokladu, že teplota vzduchu před vstupem výfukových plynů do ředicího tunelu nepřekročí teplotu 52 °C;

b) může být izolovaná.

FH – nosič/nosiče filtru (obr. 14)

Nosič/nosiče filtru:

a) mohou být vyhřívány na teplotu stěny nejvýše 325 K (52 °C) přímým ohřevem nebo předehřátím ředicího vzduchu za předpokladu, že teplota vzduchu před vstupem výfukových plynů do ředicího tunelu nepřekročí teplotu 325 K (52 °C);

b) mohou být izolované.

P – odběrné čerpadlo (obr. 14)

Jestliže se nepoužije korekce průtoku regulátorem FC3, musí být odběrné čerpadlo vzorku částic umístěno v dostatečné vzdálenosti od tunelu, aby se teplota vstupujícího plynu udržovala konstantní (± 3 K).

FC3 – regulátor průtoku (obr. 14)

Jestliže není dostupný jiný prostředek, musí se pro kompenzaci kolísání teploty a protitlaku toku vzorku částic v průběhu cesty tohoto vzorku použít regulátor průtoku. Regulátor průtoku se požaduje v případě použití elektronické kompenzace průtoku EFC (obr. 10).

FM3 – průtokoměr (obr. 14)

Jestliže není použita korekce průtoku regulátorem FC3, musí být plynoměr nebo zařízení k měření průtoku umístěno v dostatečné vzdálenosti od odběrného čerpadla, aby se teplota vstupujícího vzduchu udržovala konstantní (± 3 K).

BV – kulový ventil (obr. 14, volitelný)

Kulový ventil nesmí mít vnitřní průměr menší, než je vnitřní průměr přenosové trubky částic PTT, a musí mít dobu přepínání kratší než 0,5 s.

Poznámka: Jestliže je teplota okolí v blízkosti PTT, a FH nižší než 293 K, je třeba učinit opatření, aby nedocházelo ke ztrátám částic na chladných stěnách těchto částí. Proto se u těchto

částí doporučuje vyhřívání a/nebo izolování v mezích uvedených v příslušných popisech. Také se doporučuje, aby teplota na vstupní části filtru v průběhu odběru vzorku byla nejméně 20 °C.

Při vysokých zatíženích motoru mohou být výše uvedené části chlazeny neagresivními prostředky, jako je oběhový ventilátor, dokud není teplota chladicího média nižší než 20 °C.

2.2 Jednotlivé konstrukční celky

Následující postup byl zvolen s ohledem na [5]

Pro větší přehlednost řešení byla zvolená varianta rozdělena do jednotlivých konstrukčních celků.

Jednotlivé konstrukční celky jsou (viz. obr. 13):

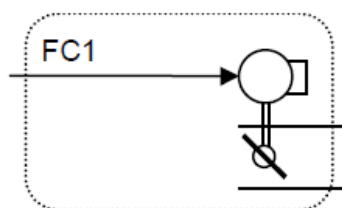
- **systém regulace tlaku v ředícím tunelu**
- **systém zajišťující konstantní průtok**
- systém odběru vzorku výfukových plynů
- řídicí systém tunelu
- systém pro odběr vzorku částic
- ředící tunel

V dalším postupu byla pozornost zaměřena na tučně zvýrazněné konstrukční celky, protože tyto celky jsou konstrukčně nejdůležitější pro správnou funkčnost systému.

2.2.1 Systém regulace tlaku v ředícím tunelu

Dle legislativních předpisů je možné vynechání tlakového ventilátoru PB, jestliže se použije škrtecí klapka. Proto připadají v úvahu následující řešení dle [2].

Klapka na vstupu do tunelu ovládaná krokovým motorem



Obr. 15: Klapka na vstupu do tunelu ovládaná krokovým motorem

Výhody: jednoduchá konstrukce, nízká cena

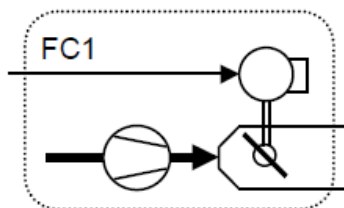
Nevýhody: omezený regulační rozsah (pouze podtlak)

K ovládání škrticí klapky bude použit přímý pohon z krokového motoru s výkonovým modulem, který je možné poté ovládat s řídicího systému. Při volbě této varianty připadá v úvahu vypuštění filtru ředícího vzduchu, aby nedocházelo k průtočnému odporu a ještě většímu omezení regulace průtoku. Vynechání filtru by bylo řešeno měřením obsahu částic na pozadí.

Odhadované náklady	
Krokový motorek	2000,- Kč
Výkonový modul	2500,- Kč
Škrticí klapka	vlastní výroba
Celkem	4500,- Kč

Tabulka č. 1

Odstředivé dmychadlo regulované klapkou



Obr. 16: Odstředivé dmychadlo regulované klapkou

Výhody: větší regulační rozsah proti předchozí variantě

Nevýhody: prostorová a finanční náročnost

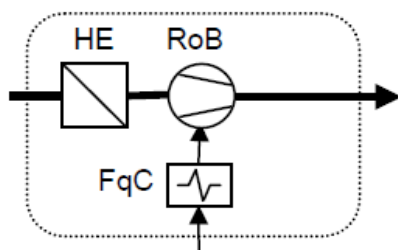
Odhadované náklady	
Krokový motorek	2000,- Kč
Výkonový modul	2500,- Kč
Odstředivé dmychadlo	35000,- Kč
Celkem	39500,- Kč

Tabulka č. 2

2.2.2 Systém zajišťující konstantní průtok

Dle platné legislativy je potřeba zajistit sací ventilátor SB s kalibrací pro měření průtoku. Takové řešení je finančně i prostorově náročné, proto je nutná modifikace v rámci legislativních požadavků. Možné způsoby řešení byly převzaty z [5].

Rootsovo dmychadlo s výměníkem tepla



Obr. 17: Rootsovo dmychadlo s výměníkem tepla

Výhody: bez nutnosti řízení během testovacího cyklu

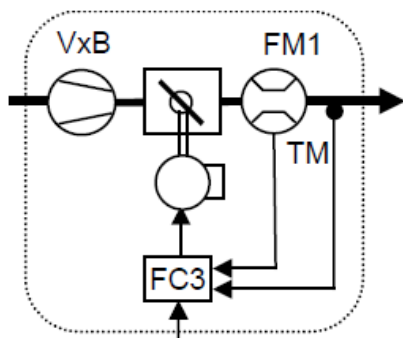
Nevýhody: legislativa předpokládá použití dmychadla kalibrovaného pro odměřování průtoku

komplikovaná konstrukce výměníku tepla

Odhadované náklady	
Rootsovo dmychadlo, frekvenční měnič, elektromotor	115 000,- Kč
Výměník tepla	?
Celkem	115 000,- Kč

Tabulka č. 3

Odstředivé dmychadlo regulované klapkou a průtokoměrem



Obr. 18: Odstředivé dmychadlo regulované klapkou a průtokoměrem

Výhody: použití levnějšího dmychadla v porovnání s objemovými stroji

Nevýhody: nutnost průběžného řízení otáček odstředivého dmychadla v závislosti na průtokoměru

Odhadované náklady	
Odstředivé dmychadlo, elektromotor	40 000,- Kč
Průtokoměr FM1 – dýza	vlastní výroba
Krokový motor, výkonový modul	4 500,- Kč
Celkem	44 500,- Kč

Tabulka č. 4

2.2.3 Systém odběru vzorku výfukových plynů

Odběr vzorků výfukových plynů bude prováděn pomocí izokinetické sondy. Aby byla splněna podmínka izokinetičnosti, musí být tlakový rozdíl na ve výfukovém potrubí a na vstupu do izokinetické sondy roven nule. Proto je izokinetická sonda zapojena na diferenciální tlakový snímač.

2.2.4 Řídicí systém tunelu

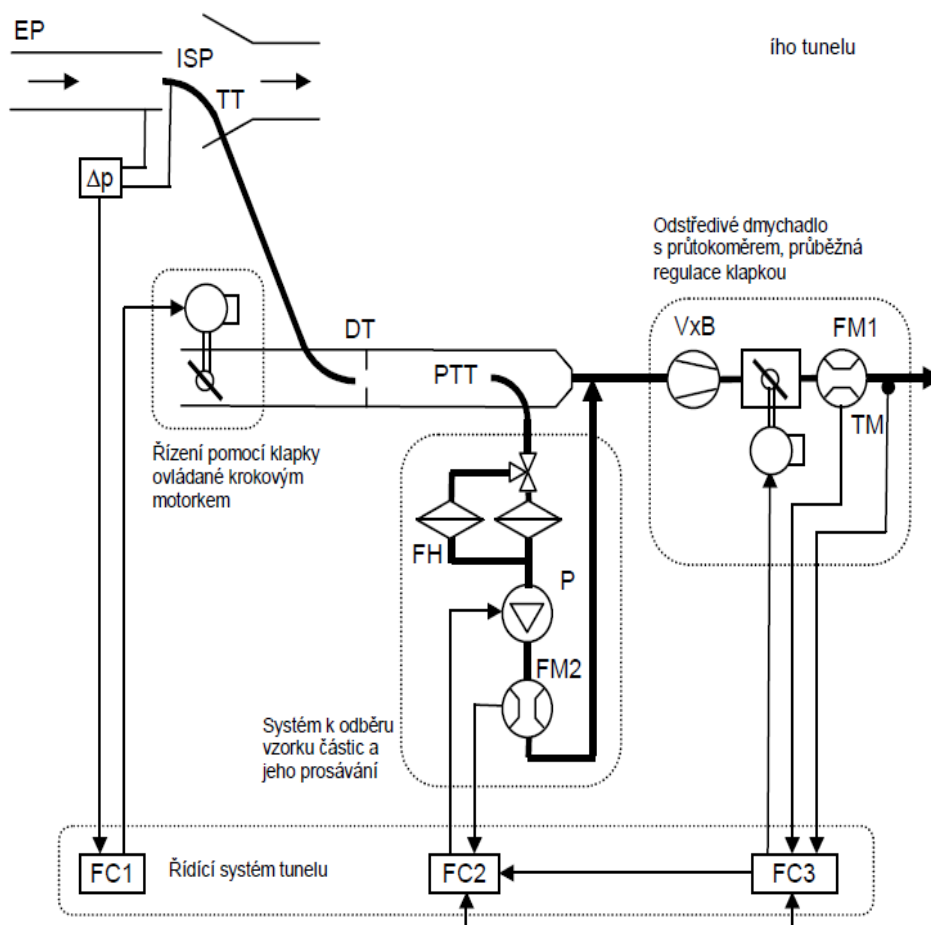
Výhodou navrženého řešení je shodné ovládání akčních členů (dvě škrtící klapky poháněné přímo krokovým motorem, ovládané výkonovým modulem). Výkonové moduly jsou obvykle schopné ovládat více krokových motorů, čímž by mohlo být docíleno dalších finančních úspor.

Předpokladem je integrace všech řídicích členů nutných k ovládání tunelu do PC počítače vybaveného měřicí kartou a příslušným softwarem.

2.2.5 Systém pro odběr vzorku částic

Systém odběru vzorku částic a jejich následného prosávání není svojí funkcí nijak závislý na průběhu měření ani na konstrukčním uspořádání jednotlivých konstrukčních celků, proto nebylo provedeno jeho konstrukční řešení.

2.3 Celkové schéma zvoleného zařízení



Obr. 19: Výsledné schéma ředícího tunelu [5]

2.4 Odhad nákladů

Pro popisovaný konstrukční návrh je zde rozbor nákladů na nákup hlavních součástí. Výběr jednotlivých součástí včetně dodavatele je uveden v následujícím odstavci. Odhad nezahrnuje kalkulaci dílů, jejichž výroba se předpokládá svépomocí. Dále nezahrnuje náklady na měřicí kartu a případnou licenci měřícího softwaru.

Odhadované náklady		
Diferenční tlakový spínač	Cressto N	6 312,- Kč
Odstředivé dmychadlo	MB 22/9 T2 3	15 744,- Kč
Krokový motor + výkonový modul	57HS22 + M752	2x 3940,- Kč
Celkem		28 884,- Kč

Uvedené ceny jsou včetně DPH

Tabulka č. 5

2.5 Výběr součástí

2.5.1 Diferenční tlakové spínače

JSP www.jsp.cz jsp@jsp.cz	Snímač DMD 331 Přesnost 0,5 % rozsahu Proudový výstup 4 – 20 mA	od 8 950,- Kč dle provedení
Cressto www.cressto.cz j.konvicny@cressto.cz	Cressto N TM G238N4F Přesnost 0,2 % rozsahu Proudový výstup 4 – 20 mA	6 312,- Kč
Maring www.maring.cz vojta.zemanek@maring.cz	EJA110A ELS5A-24NN Přesnost 0,075 % rozsahu Proudový výstup 4 – 20 mA	32 669,- Kč

Tabulka č. 6

2.5.2 Krokové motory + řídící moduly

CNC shop www.cncshop.cz info@cncshop.cz	57 HS22 krokový motor 2,2 Nm, základní úhel 1,8°	1650,- Kč
	M752 ovládací modul	2290,- Kč
Conrad www.shop.conrad.cz j.konvicny@cressto.cz	Qmot krokový motor QSH 6018- 65- 28 -210	3380,- Kč
	PC karta pro krokový motor	2090,- Kč
Enika www.enika.cz r.smidrkal@enika.cz	SH1603 – 0440 krokový motor	2 288,- Kč
	US1D200P10 ovladač	3540,- Kč

Tabulka č. 7

2.5.3 Odstředivé dmychadlo

Casals www.casals.cz info@casals.cz	MB 22/9 T2 3 Průtok 3000 m ³ /h Výkon 2,2 kW	15 744,- Kč
Energoekonom www.energoekonom.cz info@energoekonom.cz	HRD 1/5 T Průtok 630 m ³ /hod Výkon 1,1 kW	přibližně 32 000,- Kč

Tabulka č. 8

3. Metodika a postup měření

Pro stanovení metodiky a postupu měření byl použit Předpis č. 49 Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK/OSN) – Emise vznětových motorů a zážehových motorů [3].

Měřenými emisemi znečišťujících látek z výfuku motoru jsou plynné složky (oxid uhelnatý, celek uhlovodíků u vznětových motorů, jen při zkoušce ESC; uhlovodíky jiné než methan u vznětových a plynových motorů, jen při zkoušce ETC; methan u plynových motorů, jen při zkoušce ETC a oxidy dusíku), částice (jen u vznětových motorů). Kromě toho se oxid uhličitý často používá jako indikační plyn ke stanovení poměru ředění u systémů s ředěním části toku a u systémů s ředěním plného toku. Podle osvědčené technické praxe se doporučuje, aby se měřil oxid uhličitý jako výborný prostředek k rozpoznání problémů měření v průběhu zkoušky.[3]

Navržené zařízení by mělo umožňovat měření při zkoušce ETC, kterým se rozumí zkušební cyklus skládající se z 1 800 neustálených, každou sekundu se střídajících režimů. Proto budou následující části věnovány pouze tomuto postupu měření.

3.1 Postup zkoušky ETC

S motorem zahřátým na provozní teplotu se v průběhu předepsaného neustáleného cyklu, který vystihuje s velmi dobrou přibližností silniční jízdní režimy specifické pro motory velkého výkonu montované do nákladních automobilů a autobusů, analyzují výše uvedené znečišťující látky po zředění celkového množství výfukových plynů stabilizovaným okolním vzduchem (systém CVS s dvojitým ředěním u částic) nebo určením plynných složek v surových výfukových plynech a částic při použití systému s ředěním části toku. Za použití signálů zpětné vazby pro točivý moment a otáček motoru přicházejících z dynamometru se integruje výkon v čase trvání cyklu a výsledkem je práce vykonaná motorem za cyklus. U systému CVS se koncentrace NO_x a HC za cyklus určí integrací signálu analyzátoru, zatímco koncentrace CO, CO_2 a NMHC se může určit integrací signálu analyzátoru nebo odběrem vzorku do vaku. Provádí-li se měření na surových výfukových plynech, určí se všechny plynné složky za cyklus integrací signálu analyzátoru. Pokud jde o částice, zachytí se vhodným filtrem úměrný vzorek. K provedení výpočtu hodnot hmotnosti emisí znečišťujících látek se určí průtok surových nebo zředěných výfukových plynů za cyklus. Z hodnot hmotnosti emisí ve vztahu k práci motoru se určí počet gramů každé znečišťující látky emitované na kilowatthodinu.[3]

Pro příklad je uveden počátek testu po dobu prvních 20 sekund (viz. tabulka č. 9).

Čas (s)	Norm. otáčky %	Norm. toč. moment %
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0
14	0	0
15	0	0
16	0,1	1,5
17	23,1	21,5
18	12,6	28,5
19	21,8	71
20	19,7	76,8

Tabulka č. 9

Závěr

Cílem práce bylo navrzení a případná realizace jednoduchého zařízení, které by umožňovalo vzorkování výfukových plynů podle platných legislativních předpisů.

Za tímto účelem bylo navrženo zařízení s odběrem a ředěním části toku výfukových plynů pomocí izokinetické sondy a s odběrem dílčího vzorku pro měření částic. Toto zařízení by mělo plně vyhovovat požadavkům na jednoduchost a kompaktnost.

Při průzkumu používaných metod bylo zjištěno, že varianta s odběrem části toku bude méně prostorově náročná, protože je možné použití tzv. minitunelu, který je oproti tunelům používaných při odběru celkového toku výrazně menší a konstrukčně méně náročnější. I způsob odběru části toku pomocí se jeví jako vhodná varianta, jelikož je při této metodě nejsnazší způsob udržení konstantního ředícího poměru, kdy se při této metodě vychází pouze z výpočtu průřezů výfukového potrubí a průřezu izokinetické odběrové sondy. Kdy je možné jednotlivé průměry přímo odměřit a s nich vypočítat příslušné průřezy.

U konstrukčního návrhu se také dbalo hlavně na jednoduchost celého systému. Z tohoto důvodu byl tlakový ventilátor na vstupu tunelu zaměněn za škrtkovou klapku ovládanou krokovým motorem. Tuto možnost legislativní předpisy dovolují. U sacího ventilátoru bylo také pozměněno původní řešení, když byla i tady použita škrtková klapka společně s objemovým čerpadlem a průtokoměrem. I tuto variantu legislativa povoluje. Takto došlo k zjednodušení ovládání akčních členů systému, protože jsou využity dvě škrtkové klapky, které je případně možné řídit pouze jedním řídicím modulem a odpadá tím další část rozpočtu.

Ekonomický rozpočet uvádí některé varianty a cenové nabídky včetně dodavatelů pro vybrané součásti. Jedná se doopravdy pouze o stručný přehled možností. Limitujícím faktorem při výběru jednotlivých dílů může být finanční rozpočet nebo vzájemná nekompatibilita.

Metodiku a postupy měření s tímto zařízením udává předpis č. 49 Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů, kde uveden detailní postup při použití a i vyhodnocení výsledků z prováděných měření.

Praktické použití nebylo bohužel provedeno, jelikož nedošlo k realizaci navrženého zařízení, což by mělo být předmětem dalšího postupu této práce.

Seznam použité literatury

- [1] Směrnice evropského parlamentu a rady 97/68/ES o sbližování právních předpisů členských států týkajících se opatření proti emisím plyných znečišťujících látek a znečišťujících částic ze spalovacích motorů určených pro nesilniční pojízdné stroje. 16. prosince 1997, Úř. věst. L 59, 27. 2. 1998, s. 1).
- [2] Směrnice evropského parlamentu a rady 2004/26/ES, kterou se mění směrnice 97/68/ES o sbližování právních předpisů členských států týkajících se opatření proti emisím plyných znečišťujících látek a znečišťujících částic ze spalovacích motorů určených pro nesilniční pojízdné stroje. 21. dubna 2004
- [3] Předpis č. 49 Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK/OSN) – Emise vznětových motorů a zážehových motorů (poháněných zemním plynem a zkapalněným ropným plynem)
- [4] Diviš, M. - Tichánek, R. - Vacek, R.: Experimentální ověření metody izokinetického odběru výfukových plynů. Technická zpráva TECH-Z 23/2001, ÚVMV Praha 2001.
- [5] Diviš, M. - Tichánek, R.: Návrh základní koncepce minutunelu pro měření obsahu částic během transient testů. Technická zpráva TECH-Z 16/2002, ÚVMV Praha 2002.
- [6] Takáts, M.: Měření emisí spalovacích motorů, 1. vydání, Vydavatelství ČVÚT Praha 1999, 111 stran, ISBN 80-01-01632-2
- [7] Martyr, A. J., Plint, M. A., : Engine testing Theory and Practice, 3rd edition, Published by Elsevier Ltd. 2007, ISBN : 978-0-7506-8439-2